

氏 名	戸野 晶喬
学 位 の 種 類	博士（理学）
学 位 記 番 号	理工博 第 173 号
学位授与の日付	平成 27 年 3 月 25 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	日本の温帯林樹種に共通して見られた接触帯に関する分子植物 地理学的研究（英文）
論文審査委員	主査 教授 村上 哲明 委員 准教授 鈴木 準一郎 委員 准教授 角川 洋子

【論文の内容の要旨】

生物は気候変動に伴って分布域の縮小と拡大を繰り返してきたとされている (Hewitt 2004)。この過程の中では、一度分断された集団同士が再び出会い、接触帯の形成がおけると予想される (Hewitt 2000)。実際に、このような接触帯がヨーロッパのアルプス山脈やアメリカのロッキー山脈など世界各地で見出されており、これらの中には様々な分類群で近い位置に接触帯が存在する例も報告されている (Hewitt 2000, Swenson and Howard 2005)。このような共通してみられる接触帯は、高い山脈、海峡、大きな川の付近に見られることが多く、これらの地形は遺伝子流動を妨げることによって接触帯の形成に寄与すると考えられてきた。複数の生物群で共通した接触帯は日本でも見られ、例えばさまざまな動植物種で日本列島を東西に分けるような接触帯が近畿ー中国地方付近で見られている (Aoki et al. 2011 Nagata et al. 1999, Kawamoto et al. 2007, Ohnishi et al. 2009, Yasukochi et al. 2009, Okamoto and Hikida 2009)。温帯林樹種についても、先行の葉緑体 DNA 多型を用いた分子植物地理学的研究により、複数の種でこの地域に接触帯の存在が示唆されている (Fujii et al. 2002, Iwasaki et al. 2010, 2012, Sugahara et al. 2011)。この接触帯は、最終氷期に温帯林の分布が日本列島の東西に分断されて遺伝的分化を生じ、その後温暖化に伴って分布移動した際に東西の DNA タイプが接触したことによって形成されたと考えられている。一方で、近畿ー中国地方には高い山脈などの明らかに樹種の遺伝子流動を妨げる地形などはみられず、この場所における接触帯の形成・維持要因は不明であった。そこで本研究では、先行研究において、この地域で接触帯の存在が示唆されていた 6 種の温帯林樹種について注目して研究を行った。

先行研究ではサンプリング密度が不十分であったことから、接触帯の詳細な位置は不

明確であった。そこで第一章では以下の2点を主な目的として研究を行った。(1) この地域におけるサンプリング地点を増して、東西の葉緑体 DNA タイプ間の接触帯の詳細な位置を推定する。(2) 推定された接触帯の位置と様々な環境要因との関係を調べることによって、接触帯の形成・維持要因を特定する。

葉緑体 DNA タイプの地理的パターンを明らかにした結果、東西で異なるハプロタイプが分布していること、そして両方のハプロタイプが接触している接触帯では両方のハプロタイプが混成する混成集団が存在する事が明らかとなった。次に葉緑体 DNA の各ハプロタイプの地理的分布情報にもとづき地理情報システム (GIS) を用いて詳細な接触帯位置を推定したところ、6 種中 4 種で兵庫県付近に共通して接触帯が存在することがわかった。次に、接触帯の形成・維持に寄与する可能性のある環境要因 (生育地の適合性、河川密度、地形の起伏、低地密度、気候データ) のうちどの環境要因が接触帯の位置をよく説明できるかを GIS と統計モデルを用いて検討した。4 種についての生育適地の推定にはソフトウェア MaxEnt を用いた生態ニッチモデリングを行い、4 種の生育適地の平均値をこれらの樹種の生育適地の指標 (生育地としてどの程度適合しているか) として用いた。接触帯と環境要因の位置関係を調べた結果、生育地の適合性、乾季平均気温、最暖月の最高気温、最暖期の降水量、年降水量が接触帯の形成・維持に寄与していることが示唆された。生育地の適合性については生育不適地と接触帯の分布が一致する傾向が見られた。気温に関する 2 要因は生育地の適合性にも大きく寄与しており、気温が生育を制限する形で接触帯に寄与している可能性が考えられる。降水量に関する 2 要因については生育適地には大きくは寄与しておらず、どのように寄与しているかははっきりとわからなかった。生育不適地が高密度に分布していると、植物の分布移動を制限する可能性が考えられる。実際に接触帯の存在する兵庫県付近には生育不適地が集中している。本研究によって、兵庫県付近に生育不適地が集中することにより東西集団の移動速度が制限され、これらの接触帯が形成・維持されていることが示唆された。

第二章では兵庫県付近に共通して接触帯が見られた 4 種のうち 2 種 (ホオノキ、アカシデ) について、葉緑体 DNA だけでなく、核 DNA のマイクロサテライトマーカー (核 SSR マーカー) を用いた解析を行った。これまでの交雑帯・接触帯を報告している研究では、母性遺伝をする葉緑体 DNA やミトコンドリア DNA のマーカーのみを用いたものが多かった (Jaramillo-Correa et al. 2010, Moritz et al. 2009)。それは植物の場合、母性遺伝するマーカーは、種子を通じてしか拡散せず、種子と花粉の両方で拡散する核 DNA マーカーよりも長期間遺伝構造が維持され続けることが期待されるからである。第一章も母性遺伝する葉緑体 DNA マーカーを用いた解析だった。しかし、母性遺伝をするマーカーだけでは、実際にどのくらい交雑が起きているかがわからない。単に混成しているのと、交雑しているのが区別できないからである。両性遺伝する核 DNA マーカーを用いれば、その場でどのくらい交雑しているのかを調べる事が可能になる。そこで第二章では、次の 2 点を目的として研究を行った。(1) 接触帯における異なるレフュジア集団由来の個体間での交雑

の有無（生殖的隔離の有無）を調べる。（２）核 DNA マーカーを用いて接触帯の分布を調べて、葉緑体 DNA マーカーで見られた接触帯の分布と比較する。

核 SSR マーカーを用いて集団遺伝学的な解析を行った結果、ホオノキとアカシデの両方の種で、東西の各レフュジアに由来すると考えられる核 DNA マーカーを併せ持つ個体が複数の地点で見られ、東西の異なるレフュジア由来の交雑が起きていることが示された。よって、異なるレフュジア由来の個体間に生殖的隔離は生じていない可能性が高い。次に、核 DNA と葉緑体 DNA それぞれの変異の地理的分布パターンを比較した。その結果、ホオノキでは、核 DNA と葉緑体 DNA は類似したパターンを示した。一方、アカシデでは、核 DNA では葉緑体 DNA よりも広い範囲で混ざっているのに加え、東西タイプ間の接触帯が、より西側の広島・島根付近でみられた。最後に、これら 2 種それぞれで推定した遺伝子流動の大きさを比較すると、ホオノキよりもアカシデの方が大きかった。核 DNA マーカーでみるとアカシデの方がホオノキよりも広い範囲で東西タイプが混ざっており、より大きな遺伝子流動の存在が示唆された結果と一致する。花粉の散布様式はホオノキは風媒、アカシデは虫媒であり、一般的に虫媒よりも風媒の方が大きな遺伝子流動をもつ事が報告されている。本研究の結果もこのことを反映していると考えられる。以上の結果から、風媒のアカシデの方が大きな遺伝子流動によって虫媒のホオノキよりも早く核 DNA マーカーで見られる遺伝構造が解消されていることが示唆された。

本研究によって、最終氷期以後に形成された接触帯の形成・維持には、山脈などのはっきりとした地形だけでなく、連続的に変化する環境要因なども分布不適地を生じることを通じて寄与する可能性があることが示された。加えて、接触帯の解消には各生物の分散様式の違いも大きく影響することが示唆された。